

明 細 書

バッテリーの純抵抗測定方法及びその装置

技術分野

- [0001] 本発明は、例えば、車両の負荷に電力を供給するため車両に搭載されたバッテリーの純抵抗を測定するバッテリーの純抵抗測定方法及びその装置に関するものである。

背景技術

- [0002] 例えば、車載バッテリーでは、エンジンの始動の際にスタータモータを通じて放電が行われるが、このとき、突入電流と一般に呼ばれる、定常電流値と比べて非常に大きな大電流まで短時間に増大し大電流から定常電流値まで短時間に減少する放電電流が流れる。
- [0003] 上記短時間とは、放電電流に対して、分極の成長が高い相関で近似できる程度の時間であり、大電流とは、電圧検出精度、電流検出精度を考慮に入れ、分極の成長度が確実に測定できるほどの電流である。具体的には、鉛バッテリーの場合は、短時間とは例えば400msec以下を、大きな値の最大電流は例えば3C以上を目安とすることができる。
- [0004] 一般に、このような放電を高率放電と呼び、この高率放電時の放電電流とバッテリー端子電圧とを高速サンプリングによって得たデータ対に基づき、バッテリーの純抵抗を求める方法が、特許文献1に記載されている。
- [0005] 以下、上述した特許文献1のバッテリーの純抵抗測定方法について、図5及び図6を参照して、説明する。図6(a)に示すように、高率放電において、放電開始から電流ピーク I_p に達するまでの電流が増加している間、濃度分極は増加する。ところで、濃度分極は、反応が遅いため、電流ピーク I_p に達した後、放電電流が減少してもすぐには、減少することができず、しばらく増加を続けた後に、減少する。このため、高率放電のように短時間で急激に電流が減少するような場合は、濃度分極が減少する前に、放電終了となり、濃度分極は、放電終了時が最大となる。
- [0006] 従って、上述した高速サンプリングによって、図7に示すような放電電流 I －端子電圧 V 特性が得られた場合、放電開始時と放電終止時との端子電圧 V の差 e_0 が濃度分極

の最大となる。そこで、この濃度分極の最大 e_0 を利用して、電流ピーク I_p 時の濃度分極を求め、求めた濃度分極を放電電流 I —端子電圧 V 特性から差し引いて、放電電流 I —純抵抗と活性化分極によるバッテリーの電圧降下特性を求める。そして、求めた電圧降下特性から、活性化分極と純抵抗との特性の違いを利用して、純抵抗を求める。

- [0007] 以上のバッテリーの純抵抗測定方法によれば、高率放電が発生する毎に、そのときのバッテリーの純抵抗を求めることができる。

特許文献1:特開2003-115331公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0008] ところで、バッテリーの使用状況によっては、上述した高率放電が全く発生しない場合がある。また、高率放電のような短時間で大電流(3C以上)が流れない低率放電が発生したときも、バッテリーの純抵抗を測定したいという要望がある。

- [0009] しかしながら、バッテリーの持つ時間率電氣量に対して、小さい電流(1C〜3C程度)が流れる低率放電は、高率放電に比べて、発生する濃度分極の大きさが小さく、また電流減少時の濃度分極の解消も早いと考えられる。従って、図6(b)に示すように、電流減少区間において、濃度分極が減少した後に、放電終了となり、高率放電のように放電終了時に濃度分極が最大とならない。

- [0010] 従って、低率放電時においては、特許文献1に記載されたバッテリーの純抵抗測定方法を適用しても、高い測定精度を得ることができないという問題があった。

- [0011] そこで、本発明は、上記のような問題点に着目し、低率放電のような、どの時点で分極が最大となるか分からない放電発生時であっても、バッテリーの純抵抗を測定することができるバッテリーの純抵抗測定方法及びその装置を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

- [0012] 請求項1記載の発明は、バッテリーの純抵抗を測定するバッテリーの純抵抗測定方法であって、放電中における前記バッテリーの放電電流と該放電電流に対応する端子電圧とを周期的に実測し、該実測した放電電流及び端子電圧に基づいて、増加方向の放電電流に対応する端子電圧を表す第1近似式と、減少方向の放電電流に対応す

る端子電圧を表す第2近似式とを求め、前記第1及び第2近似式に基づいて、前記純抵抗の存在範囲を限定し、前記限定した存在範囲内の一点を仮の純抵抗とし、前記第2近似式と該仮の純抵抗とから、当該仮の純抵抗に対応する仮の分極が最大となる時点を求め、真の純抵抗及び真の分極が最大となる時点である真の分極最大時点と、前記求めた仮の分極が最大となる時点である仮の分極最大時点との関係を表す2つの関係式に基づいて、前記真の純抵抗を求めることを特徴とするバッテリーの純抵抗測定方法に存する。

[0013] 請求項1記載の発明によれば、放電中におけるバッテリーの放電電流とこの放電電流に対応する端子電圧とを周期的に実測する。実測した放電電流及び端子電圧に基づいて、増加方向の放電電流に対応する端子電圧を表す第1近似式と、減少方向の放電電流に対応する端子電圧を表す第2近似式とを求める。第1及び第2近似式に基づいて、純抵抗の存在範囲を限定し、限定した存在範囲内の一点を仮の純抵抗とする。第2近似式と仮の純抵抗とから、この仮の純抵抗に対応する仮の分極が最大となる時点を求める。そして、真の純抵抗と、真の分極最大時点と、仮の分極最大時点との関係を表す2つの関係式に基づいて、真の純抵抗を求める。従って、未知数である真の純抵抗及び真の分極最大時点と、既知数である仮の分極最大時点との関係を表す2つの関係式を立て、この2つの関係式を連立方程式として解けば、未知数である真の純抵抗を測定することができる。

[0014] 請求項2記載の発明は、請求項1記載のバッテリーの純抵抗測定方法であって、前記2つの関係式は、放電開始から前記仮の分極最大時点までの時間に対する、前記放電開始から前記真の分極最大時点までの時間を、前記限定した存在範囲の最大値に乗じた値と、放電開始から前記仮の分極最大時点までの時間に対する、前記真の分極最大時点から前記仮の分極最大時点までの時間を、前記限定した存在範囲の最小値に乗じた値とを加算して、前記真の純抵抗とした第1関係式と、前記放電の電流ピーク時点から前記仮の分極最大時点までの時間に対する、前記真の分極最大時点から前記仮の分極最大時点までの時間の割合を、前記電流ピークに乗じた放電電流値を、前記第2近似式の放電電流微分式に代入した値を、真の純抵抗とした第2関係式とであることを特徴とするバッテリーの純抵抗測定方法に存する。

- [0015] 請求項2記載の発明によれば、放電開始から仮の分極最大時点までの時間のうち、放電開始から真の分極最大時点までの時間が長くなるに従って、真の純抵抗は存在範囲の最大値に近づき、真の分極最大時点から仮の分極最大時点までの時間が長くなるに従って、存在範囲の最小値に近づくことに着目した第1関係式と、真の分極最大時点における放電電流は、電流ピーク時点から仮の分極最大時点までの時間に対する、真の分極最大時点から仮の分極最大時点までの時間の割合を、電流ピークに乗じた値であることに着目した第2関係式に基づいて、真の純抵抗を求めることにより、正確に真の純抵抗を測定することができる。
- [0016] 請求項3記載の発明は、請求項1又は2記載のバッテリーの純抵抗測定方法であって、前記第1近似式から、単位放電電流当たりの端子電圧の第1変化量を求め、前記第2近似式から、単位放電電流当たりの端子電圧の第2変化量を求め、前記存在範囲は、放電中の電流ピークにおける前記第1変化量と、前記電流ピークにおける前記第2変化量との間の中心の値を最大とし、前記電流ピークにおける前記第2変化量を最小とした範囲に限定することを特徴とするバッテリーの純抵抗測定方法に存する。
- [0017] 請求項3記載の発明によれば、存在範囲を、放電中の電流ピークにおける第1変化量と、電流ピークにおける第2変化量との間の中心の値を最大とし、電流ピークにおける第2変化量を最小とした範囲に限定する。従って、純抵抗の存在範囲をある程度狭い範囲に限定することができる。
- [0018] 請求項4記載の発明は、請求項1〜3何れか1項記載の純抵抗測定方法であって、前記存在範囲の中心を、仮の純抵抗とすることを特徴とするバッテリーの純抵抗測定方法に存する。
- [0019] 請求項4記載の発明によれば、存在範囲の中心を、仮の純抵抗とする。従って、存在範囲の中心を仮の純抵抗とすることにより、真の純抵抗と仮の純抵抗との差を小さくすることができる。
- [0020] 請求項5記載の発明は、バッテリーの純抵抗を測定するバッテリーの純抵抗測定装置であって、放電中における前記バッテリーの放電電流と該放電電流に対応する端子電圧とを周期的に実測する実測手段と、該実測した放電電流及び端子電圧に基づいて、

増加方向の放電電流に対応する端子電圧を表す第1近似式と、減少方向の放電電流に対応する端子電圧を表す第2近似式とを求める近似手段と、前記第1及び第2近似式に基づいて、前記純抵抗の存在範囲を限定し、前記限定した存在範囲内の一点を仮の純抵抗とし、前記第2近似式と該仮の純抵抗とから、当該仮の純抵抗に対応する分極が最大となる時点を求め、真の純抵抗と、該真の純抵抗に対応する分極が最大となる時点である第1の分極最大時点と、前記仮の純抵抗に対応する分極が最大となる時点である第2の分極最大時点との関係を表す2つの関係式に基づいて、前記真の純抵抗を求める純抵抗測定手段とを備えたことを特徴とするバッテリーの純抵抗測定装置に存する。

- [0021] 請求項5記載の発明によれば、実測手段が、放電中におけるバッテリーの放電電流とこの放電電流に対応する端子電圧とを周期的に実測する。近似手段が、実測した放電電流及び端子電圧に基づいて、増加方向の放電電流に対応する端子電圧を表す第1近似式と、減少方向の放電電流に対応する端子電圧を表す第2近似式とを求める。純抵抗測定手段が、第1及び第2近似式に基づいて、純抵抗の存在範囲を限定し、この限定した存在範囲内の中間を仮の純抵抗とし、第2近似式とこの仮の純抵抗とから求めた、仮に分極が最大となる時点を求める。さらに、真の純抵抗と、真に分極が最大となる時点と、仮の分極が最大となる時点との関係を表す2つの関係式に基づいて、真の純抵抗を求める。従って、未知数である真の純抵抗及び真の分極最大時点と、既知数である仮の分極最大時点との関係を表す2つの関係式を立て、この2つの関係式を連立方程式として解けば、未知数である真の純抵抗を測定することができる。

発明の効果

- [0022] 以上説明したように請求項1及び5記載の発明によれば、未知数である真の純抵抗及び真の分極最大時点と、既知数である仮の分極最大時点との関係を表す2つの関係式を立て、この2つの関係式を連立方程式として解けば、未知数である真の純抵抗を測定することができるので、低率放電のような、どの時点で分極が最大となるかわからない放電発生時であっても、バッテリーの純抵抗を測定することができるバッテリーの純抵抗測定方法及び装置を得ることができる。

- [0023] 請求項2記載の発明によれば、第1及び第2関係式に基づいて、真の純抵抗を求めることにより、正確に真の純抵抗を測定することができるバッテリーの純抵抗測定方法を得ることができる。
- [0024] 請求項3記載の発明によれば、純抵抗の存在範囲をある狭い範囲に限定することができるので、正確に真の純抵抗を測定することができるバッテリーの純抵抗測定方法を得ることができる。
- [0025] 請求項4記載の発明によれば、存在範囲の中心を仮の純抵抗とすることにより、真の純抵抗と仮の純抵抗との差を最小にすることができるので、正確に真の純抵抗を測定することができるバッテリーの純抵抗測定方法を得ることができる。

図面の簡単な説明

- [0026] [図1]本発明のバッテリーの純抵抗測定方法を実施するのに適した車載ユニットの概略構成を一部ブロックにて示す説明図である。
- [図2]図1の車載ユニット内のCPU23aの処理手順を示すフローチャートである。
- [図3]低率放電時の電流増加曲線L1及び電流減少曲線L2を示す図である。
- [図4]傾き α 、 β と仮の純抵抗 R_t との関係を説明するための説明図である。
- [図5]仮の純抵抗 R_t に対応する分極 V_p —放電時間 t 特性を表す分極曲線L5と、真の純抵抗 R に対応する分極 V_p —放電時間 t 特性を表す分極曲線L6とを示すグラフである。
- [図6](a)は高率放電における放電時間 t —濃度分極 V_{pol} 特性を示すグラフであり、(b)は低率放電における放電電流 i —濃度分極 V_{pol} 特性を示すグラフである。
- [図7]高率放電における放電電流 I —端子電圧 V 特性を示すグラフである。

符号の説明

- [0027] 15 電流センサ(実測手段)
17 電圧センサ(実測手段)
23a CPU(実測手段、近似手段、純抵抗測定手段)

発明を実施するための最良の形態

- [0028] 以下、本発明によるバッテリーの純抵抗測定装置を図1及び図2を参照して説明する前に、図3—図5を参照して本発明によるバッテリーの純抵抗測定方法を説明する。

[0029] 低率放電は、バッテリーの持つ時間率電気量に対して、小さい電流(1C〜3C程度)を短時間放電する。この低率放電においては、放電が開始すると、短時間内で、放電電流がほぼ0から単調増加して、ピーク値に達し、その後、短時間内に、単調減少して定負荷の大きさに応じた定常値まで単調減少するような流れ方をする。このような低率放電においては、図6(b)について従来ですでに説明したように、放電が終了する前に、濃度分極が最大となる。

[0030] まず、上述した低率放電をバッテリーに行わせ、そのときのバッテリーの放電電流と端子電圧とを対にして短い一定周期でサンプリングする。このサンプリングによって得た測定データ対から、最小二乗法を用いて、放電電流の増加時と減少時との放電電流 I —端子電圧 V 特性を表す以下のような二次近似式を求める。

$$V = a_1 I^2 + b_1 I + c_1 \text{ (電流増加曲線)} \cdots (1)$$

$$V = a_2 I^2 + b_2 I + c_2 \text{ (電流減少曲線)} \cdots (2)$$

なお、図3は、電流増加曲線 $L1$ 、電流減少曲線 $L2$ を描いたものである。また、上記式(1)が請求項中の第1近似式に、式(2)が請求項中の第2近似式に相当する。

[0031] 次に、式(1)及び(2)を微分して、電流ピーク I_p を代入することにより、電流ピーク I_p における単位放電電流当たりの端子電圧の変化量、つまり、電流ピーク I_p における内部抵抗(=純抵抗+濃度分極抵抗+活性化分極抵抗)の変化量を求める。電流増加時の変化量 $R1$ 及び電流減少時の変化量 $R2$ は以下の式で表される。

$$R1 = 2a_1 I_p + b_1 \cdots (3)$$

$$R2 = 2a_2 I_p + b_2 \cdots (4)$$

なお、 $R1$ が請求項中の電流ピークにおける第1変化量、 $R2$ が請求項中の電流ピークにおける第2変化量に相当する。

[0032] 上述した電流増加時の変化量 $R1$ は、図3に示す、電流増加曲線 $L1$ の電流ピーク I_p での接線 $L3$ で示される傾きであり、電流減少時の変化量 $R2$ は、電流減少曲線 $L2$ の電流ピーク I_p での接線 $L4$ で示される傾きである。次に、電流増加時の変化量 $R1$ 及び電流減少時の変化量 $R2$ と純抵抗 R との関係について説明する。

[0033] ところで、一般に、純抵抗 R は化学反応にて生じるものでないので、バッテリーの充電状態(SOC)、温度などが変わらなければ一定である。このため、1回の低率放電が

発生している間は一定であるといえる。従って、純抵抗Rによる電圧降下は、一次式で表すことができ、この純抵抗Rによる電圧降下RIは、図3の一点鎖線で示すように、直線で描かれる。

[0034] 電流増加区間では分極(活性化分極+濃度分極)は増加するため、電流増加曲線L1は、放電電流Iが増加するに従って、一点鎖線で示す純抵抗Rによる電圧降下RIから離れていく。このため、電流ピークIpでの電流増加曲線L1の接線L3の傾きは、純抵抗Rによる電圧降下RIの傾きより大きくなり、このことから $R_1 > R$ を導くことができる。

[0035] さらに、上述した分極は反応が遅く、電流ピークIpに達した後、放電電流Iが減少してもすぐには、減少せず、その増加分が減少するだけで、しばらく増加を続けた後に、減少する。このため、電流減少区間において電流減少曲線L2は、放電電流が減少するに従って、電圧降下RIからさらに離れた後、電圧降下RIに近づいていく。

[0036] 従って、電流ピークIp付近での電流減少曲線L2は、放電電流が減少するに従って、電圧降下RIから離れていくため、電流ピークIpでの電流減少曲線L2の接線L4の傾きは、純抵抗Rによる電圧降下RIの傾きより小さくなり、このことから $R_2 < R$ を導くことができる。

[0037] また、低率放電であるため、放電電流が減少した後も、分極は増加するが、その増加量は放電電流が増加しているときに比べて小さくなる。つまり、電圧降下RIと接線R3との傾きの差 $R_1 - R$ は、電圧降下RIと接線R4の傾きの差 $R - R_2$ より大きくなる。すなわち、 $R_1 - R > R - R_2$ であると言える。従って、純抵抗Rは以下に示す範囲内に存在すると言える。

$$\{(R_1 + R_2) / 2\} > R > R_2 \quad \dots (5)$$

以下、 $(R_1 + R_2) / 2 = \alpha$ 、 $R_2 = \beta$ とする。

[0038] ところで、純抵抗Rの存在範囲としては、 $R_1 > R > R_2$ の範囲にも限定することが考えられる。しかしながら、上述したように、式(5)のように限定することによって、より狭い範囲に限定することができ、正確なバッテリーの純抵抗を求めることができる。

[0039] そこで、今、純抵抗Rが式(5)で示す範囲の中心にあると仮定すると、仮の純抵抗 R_t は下記の式で表される。

$$R_t = (\alpha + \beta) / 2 = (R_1 + 3R_2) / 4 \quad \cdots (6)$$

つまり、図4に示すように、純抵抗 R_t は、傾き α と傾き β の中間となる。

[0040] ところで、仮の純抵抗 R_t としては、存在範囲内の中心に仮定せず任意の一点に仮定することも考えられる。しかしながら、中心に仮定することにより、真の純抵抗 R と仮の純抵抗 R_t とのズレを小さく抑えることができ、より正確なバッテリーの純抵抗を求めることができる。

[0041] 次に、分極の最大値は、電流減少区間で現れることに着目し、式(2)に示す電流減少曲線 L_2 から仮の純抵抗 R_t による電圧降下分を差し引いて、分極 V_p だけの電圧降下曲線を求める。

$$\begin{aligned} V_p &= (a_2 I^2 + b_2 I + c_2) - R_t \times I \\ &= a_2 I^2 + \{b_2 - (R_1 + 3R_2) / 4\} \times I + c_2 \quad \cdots (7) \end{aligned}$$

[0042] そして、式(7)で求めた分極 v_p だけの電圧降下曲線を放電電流によって微分した微分式がゼロとなる放電電流、すなわち、バッテリーの純抵抗 R_t 以外の内部抵抗成分である分極が最大値を迎えるような仮の放電電流 I_{maxt} を求める。

$$\begin{aligned} dV_p / dI &= 2a_2 I + \{b_2 - (R_1 + 3R_2) / 4\} \quad (\text{微分式}) \\ 2a_2 I_{maxt} + \{b_2 - (R_1 + 3R_2) / 4\} &= 0 \\ I_{maxt} &= \{b_2 - (R_1 + 3R_2) / 4\} / 2a_2 \quad \cdots (8) \end{aligned}$$

[0043] 次に、放電時間 t と純抵抗 R との関係について、図5を参照して以下説明する。図5は、低率放電における放電時間 t と分極 V_p との関係を示すグラフである。同図において、 t_1 は、放電開始から電流ピーク I_p までに要する時間であり、 t_2 は、電流ピーク I_p から放電終了までに要する時間である。

[0044] また、分極曲線 L_5 は、仮の純抵抗 R_t に対応する放電時間 t と分極 V_p との関係を表す曲線であり、分極曲線 L_6 は、真の純抵抗 R に対応する放電時間 t と分極 V_p との関係を示す曲線である。

[0045] そして、 t_2' は、電流ピーク I_p から、仮の純抵抗 R_t から求めた仮の分極が最大となる時点、つまり、仮の分極最大時点までの時間である。この時間 t_2' は、サンプリングした測定データ対と、式(8)で求めた分極が最大値を迎えるような仮の放電電流 I_{maxt} とから求めることができる。さらに、 γ は、電流ピーク I_p から真の分極が最大とな

る時点、つまり、真の分極最大時点までの時間である。

- [0046] 今、時間 (t_1+t_2') のうち、分極が増加する時間 $(t_1+\gamma)$ の割合が多くなるに従って、純抵抗 R は大きくなり、 α に近づき、分極が減少する時間 $(t_2'-\gamma)$ の割合が多くなるに従って、純抵抗 R は小さくなり、 β に近づくことに着目すると、純抵抗 R は以下の式(9)のように表すことができる。

$$R = (t_1 + \gamma) / (t_1 + t_2') \times \alpha + (t_2' - \gamma) / (t_1 + t_2') \times \beta \quad \dots (9)$$

上記式(9)は請求項中の第1関係式に相当する。

- [0047] ところで、電流減少曲線の変化量は以下の式で求められる。

$$dV/dI = 2a_2 I + b_2 \quad \dots (10)$$

また、分極が最大値を迎えるた時点で、分極の変化量はゼロとなり、このため、減少電流曲線 L_2 の変化量は純抵抗 R と等しくなる。従って、分極が最大値を迎えるような真の放電電流を I_{\max} とすると、上記式(10)の $I=I_{\max}$ を代入した値が純抵抗 R と等しくなる。

$$2a_2 I_{\max} + b_2 = R$$

- [0048] また、上述した I_{\max} は、時間 t_2' のうち、時間 γ の割合が小さくなる程、電流ピーク I_p に近づくことに着目し、以下の式(11)で表すことができる。

$$I_{\max} = I_p \times (t_2' - \gamma) / t_2' \quad \dots (11)$$

この式(11)を上記式(10)に代入すれば、下記の式を求めることができる。

$$R = 2a_2 I_p \{ (t_2' - \gamma) / t_2' \} + b_2 \quad \dots (12)$$

上記式(12)は請求項中の第2関係式に相当する。

- [0049] 上述した式(9)及び(12)において、未知数は純抵抗 R と γ である。従って、式(9)及び(12)の連立方程式を解けば、純抵抗 R と γ を求めることができる。以上のように、低率放電であっても、純抵抗を求めることができた。

- [0050] 以上に説明した本発明のバッテリーの純抵抗測定方法は、図1に示す構成によって実施することができる。

- [0051] 図1は本発明のバッテリーの純抵抗測定方法を実施するのに適した車載ユニットの概略構成を一部ブロックにて示す説明図であり、図中符号1で示す本実施形態の車載

ユニットは、エンジン3に加えてモータジェネレータ5を有するハイブリッド車両に搭載されている。

- [0052] そして、このハイブリッド車両は、通常時はエンジン3の出力のみをドライブシャフト7からデフアレンシャルケース9を介して車輪11に伝達して走行させ、高負荷時には、バッテリー13からの電力によりモータジェネレータ5をモータとして機能させて、エンジン3の出力に加えてモータジェネレータ5の出力をドライブシャフト7から車輪11に伝達し、アシスト走行を行わせるように構成されている。
- [0053] また、このハイブリッド車両は、減速時や制動時にモータジェネレータ5をジェネレータ(発電機)として機能させ、運動エネルギーを電気エネルギーに変換してバッテリー13を充電させるように構成されている。
- [0054] さらに、本実施形態の車載ユニット1は、バッテリー13の放電電流 I を検出する電流センサ15と、バッテリー13に並列接続した無限大抵抗を有し、バッテリー13の端子電圧 V を検出する電圧センサ17とを備えている。
- [0055] そして、本実施形態の車載ユニット1は、上述した電流センサ15や電圧センサ17の出力がインタフェース回路(以下、「 I/F 」と略記する。)21におけるA/D変換後に取り込まれるマイクロコンピュータ23をさらに備えている。
- [0056] マイクロコンピュータ23は、プログラムに従って各種の処理を行う中央処理ユニット(CPU)23a、CPU23aが行う処理プログラムなどを格納した読み出し専用のメモリであるROM23cと、CPU23aでの各種の処理過程で利用するワークエリア、各種データを格納するデータ格納エリアなどを有する読み出し書き込み自在のメモリであるRAM23bとを備えている。
- [0057] 次に、上述した構成の車載ユニット1の動作について、図2に示すCPU23aの処理手順を示すフローチャートを参照して説明する。まず、CPU23aは、バッテリーの低率放電が開始されると、バッテリーの純抵抗測定処理を開始し、電流センサ15及び電圧センサ17を用いて、放電電流 I と端子電圧 V とをサンプリングする。このサンプリング時において、電流増加時の I - V 特性を取得している間、最小二乗法を用いて、式(1)に示す電流増加曲線 $L1$ の二次近似式を求める(ステップS1)。
- [0058] 次に、CPU23aは、電流減少時の I - V 特性を取得している間、最小二乗法を用い

て、式(2)に示す電流減少曲線L2の二次近似式を求める(ステップS2)。以上のことから、電流センサ15、電圧センサ17、CPU23aは、請求項中の実測手段を構成することが分かる。また、CPU23aは、請求項中の近似手段を構成することも分かる。

[0059] その後、CPU23aは、式(3)に示す、電流増加曲線L1の電流ピーク I_p 点における接線L3の傾き $R_1 = 2a_1 I_p + b_1$ 、式(4)に示す、電流減少曲線L2の電流ピーク I_p 点における接線L4の傾き $R_2 = 2a_2 I_p + b_2$ を求める(ステップS3、S4)。

[0060] そして、CPU23aは、ステップS3、S4で求めた R_1 、 R_2 から、式(5)に示す、純抵抗 R の存在範囲 $[(R_1 + R_2) / 2] > R > R_2$ を求め(ステップS5)、式(6)に示すように、求めた存在範囲の中間を仮の純抵抗 $R_t = (R_1 + 3R_2) / 4$ を求める(ステップS6)。次に、CPU23aは、式(8)に示すように、純抵抗 R を仮に R_t としたときの分極最大となる仮の放電電流 I_{maxt} を求める(ステップS7)。

[0061] その後、式(9)及び式(12)の連立式を求め(ステップS8、9)、求めた連立式により、その未知数である γ と純抵抗 R を求めて(ステップS10)、処理を終了する。このことから、CPU23aは、純抵抗測定手段として働くことがわかる。

[0062] 以上のように、式(9)及び式(12)の2つの関係式を連立方程式として解けば、未知数である真の純抵抗を測定することができるので、どの時点で分極が最大となるか分からない低率放電時であっても、バッテリーの純抵抗を測定することができる。

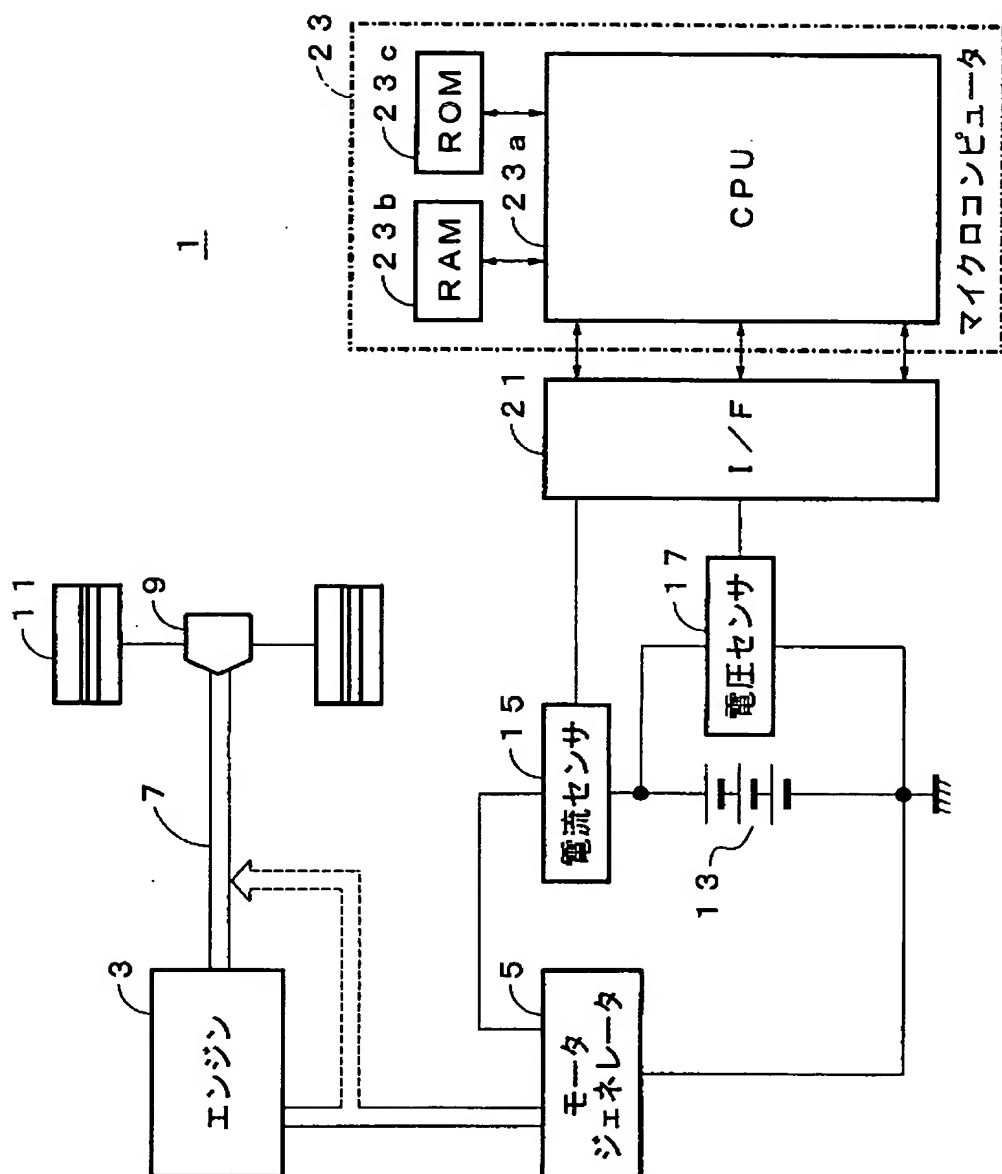
請求の範囲

- [1] バッテリーの純抵抗を測定するバッテリーの純抵抗測定方法であって、
放電中における前記バッテリーの放電電流と該放電電流に対応する端子電圧とを周期的に実測し、
該実測した放電電流及び端子電圧に基づいて、増加方向の放電電流に対応する端子電圧を表す第1近似式と、減少方向の放電電流に対応する端子電圧を表す第2近似式とを求め、
前記第1及び第2近似式に基づいて、前記純抵抗の存在範囲を限定し、
前記限定した存在範囲内の一点を仮の純抵抗とし、
前記第2近似式と該仮の純抵抗とから、当該仮の純抵抗に対応する分極が最大となる時点を求め、
真の純抵抗と、該真の純抵抗に対応する分極が最大となる時点である第1の分極最大時点と、前記仮の純抵抗に対応する分極が最大となる時点である第2の分極最大時点との関係を表す2つの関係式に基づいて、前記真の純抵抗を求めることを特徴とするバッテリーの純抵抗測定方法。
- [2] 請求項1記載のバッテリーの純抵抗測定方法であって、
前記2つの関係式は、放電開始から前記第2の分極最大時点までの時間に対する、前記放電開始から前記第1の分極最大時点までの時間の割合を、前記限定した存在範囲の最大値に乗じた値と、放電開始から前記第2の分極最大時点までの時間に対する、前記第1の分極最大時点から前記第2の分極最大時点までの時間を、前記限定した存在範囲の最小値に乗じた値とを加算して、前記真の純抵抗とした第1関係式と、
前記放電の電流ピーク時点から前記第2の分極最大時点までの時間に対する、前記第1の分極最大時点から前記第2の分極最大時点までの時間の割合を、前記電流ピークに乗じた放電電流値を、前記第2近似式の放電電流微分式に代入した値を、真の純抵抗とした第2関係式とであることを特徴とするバッテリーの純抵抗測定方法。
- [3] 請求項1又は2記載のバッテリーの純抵抗測定方法であって、
前記第1近似式から、単位放電電流当たりの端子電圧の第1変化量を求め、

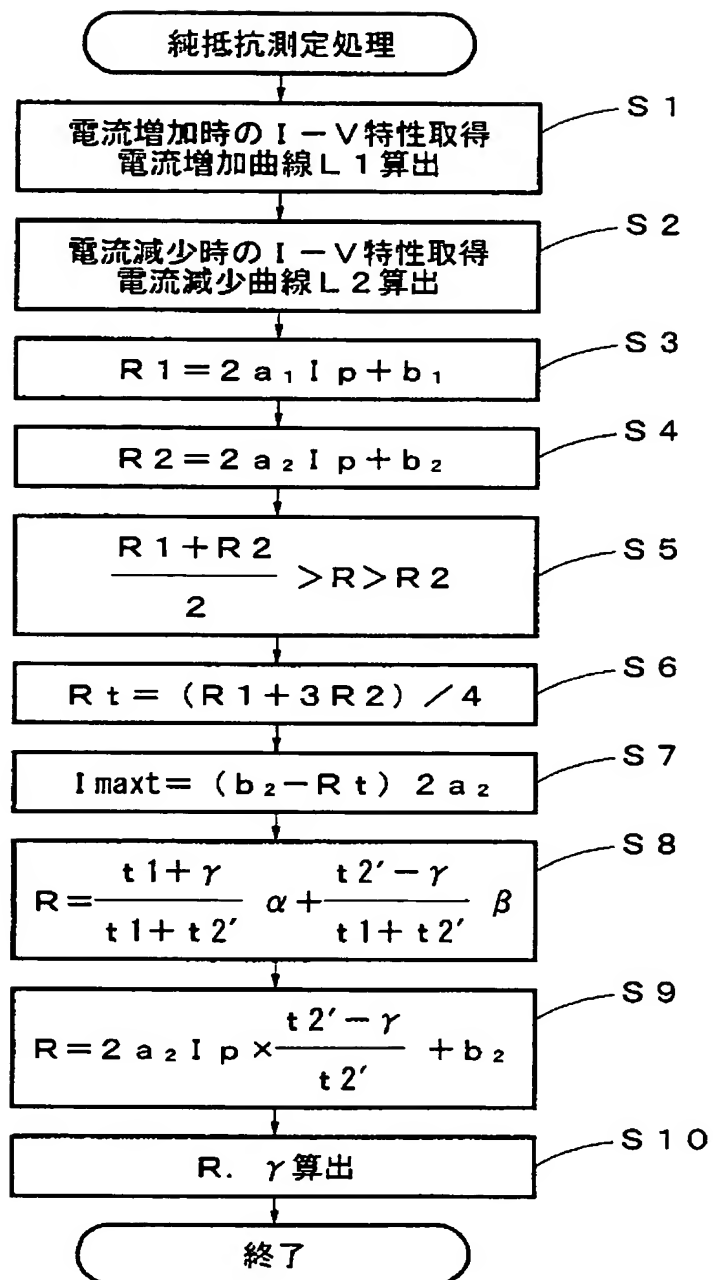
前記第2近似式から、単位放電電流当たりの端子電圧の第2変化量を求め、
前記存在範囲は、放電中の電流ピークにおける前記第1変化量と、前記電流ピークにおける前記第2変化量との間の中心の値を最大とし、
前記電流ピークにおける前記第2変化量を最小とした範囲に限定することを特徴とするバッテリーの純抵抗測定方法。

- [4] 請求項1〜3何れか1項記載の純抵抗測定方法であって、
前記存在範囲の中心を、仮の純抵抗とすることを特徴とするバッテリーの純抵抗測定方法。
- [5] バッテリーの純抵抗を測定するバッテリーの純抵抗測定装置であって、
放電中における前記バッテリーの放電電流と該放電電流に対応する端子電圧とを周期的に実測する実測手段と、
該実測した放電電流及び端子電圧に基づいて、増加方向の放電電流に対応する端子電圧を表す第1近似式と、減少方向の放電電流に対応する端子電圧を表す第2近似式とを求める近似手段と、
前記第1及び第2近似式に基づいて、前記純抵抗の存在範囲を限定し、前記限定した存在範囲内の一点を仮の純抵抗とし、前記第2近似式と該仮の純抵抗とから、当該仮の純抵抗に対応する分極が最大となる時点を求め、真の純抵抗と、該真の純抵抗に対応する分極が最大となる時点である第1の分極最大時点と、前記仮の純抵抗に対応する分極が最大となる時点である第2の分極最大時点との関係を表す2つの関係式に基づいて、前記真の純抵抗を求める純抵抗測定手段とを備えたことを特徴とするバッテリーの純抵抗測定装置。

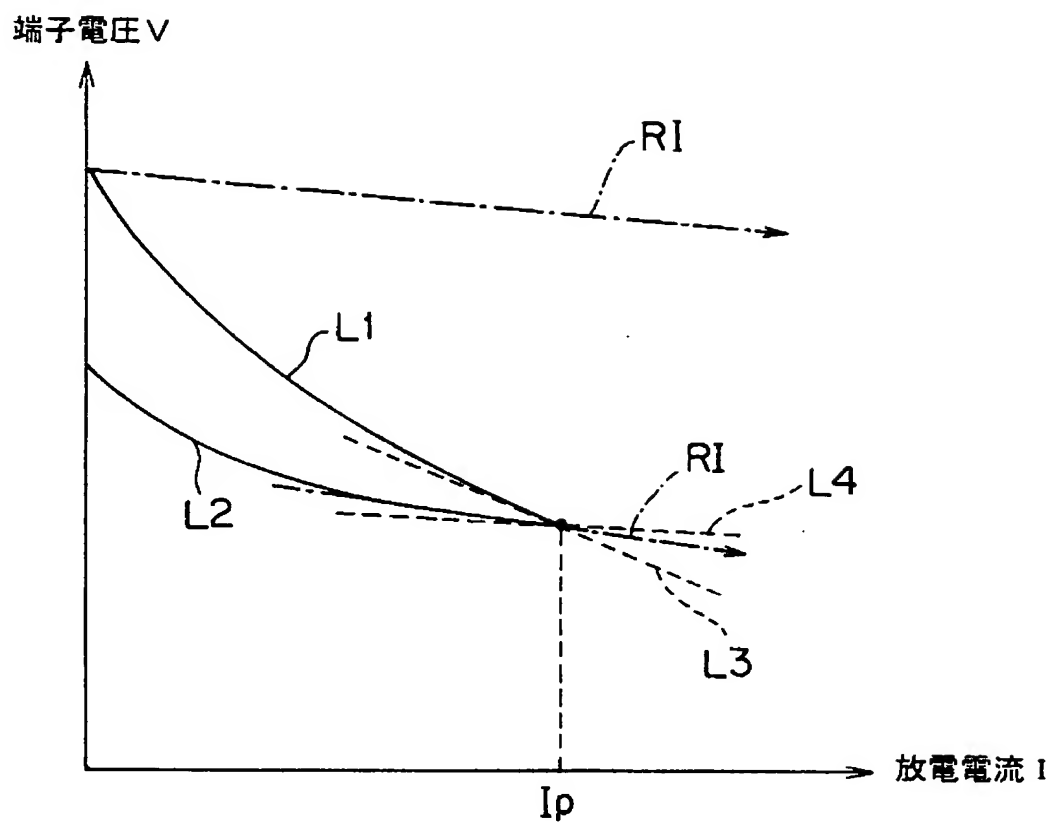
[図1]



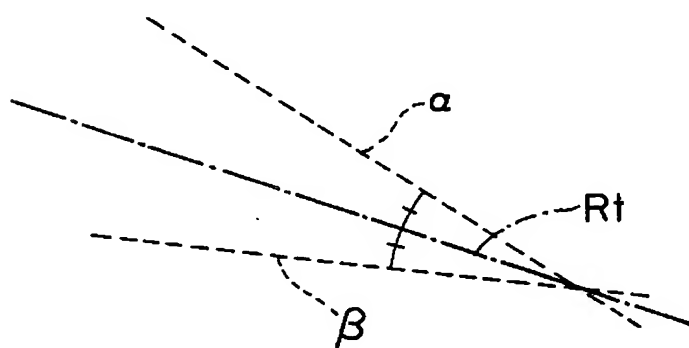
[図2]



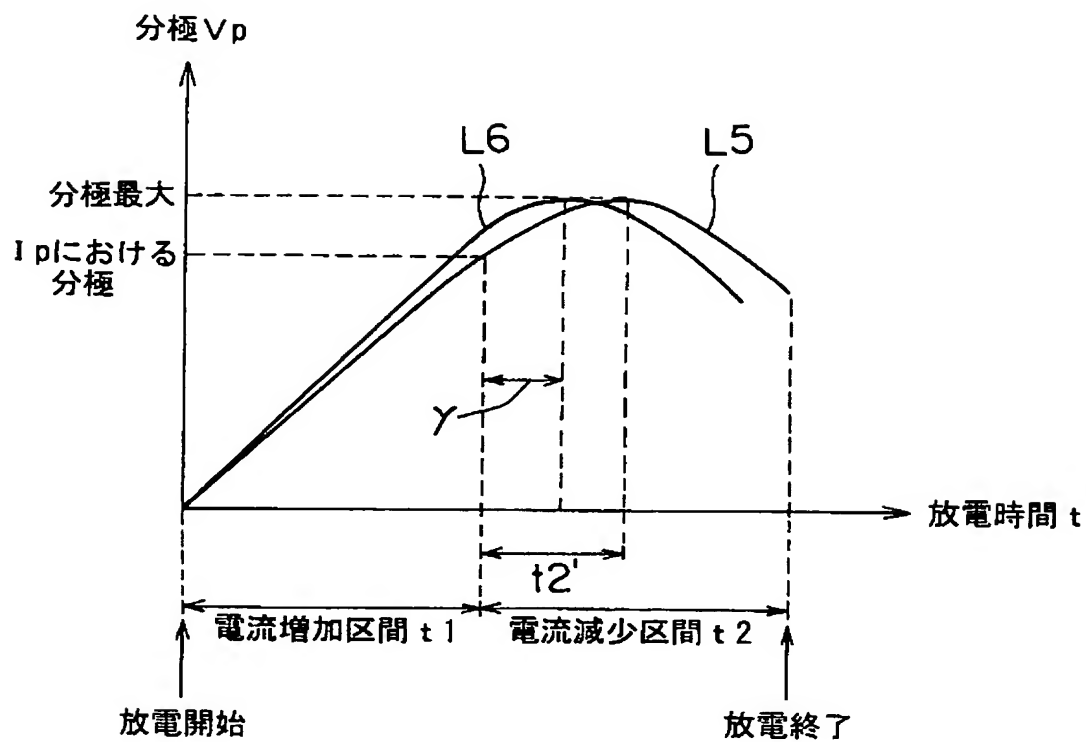
[図3]



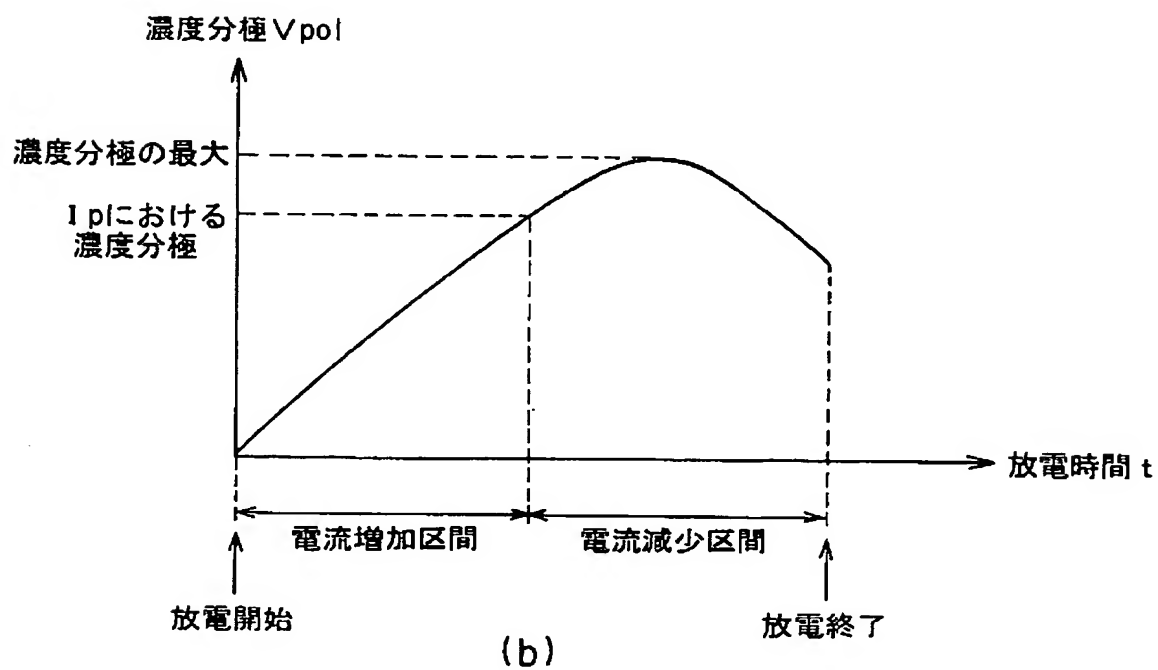
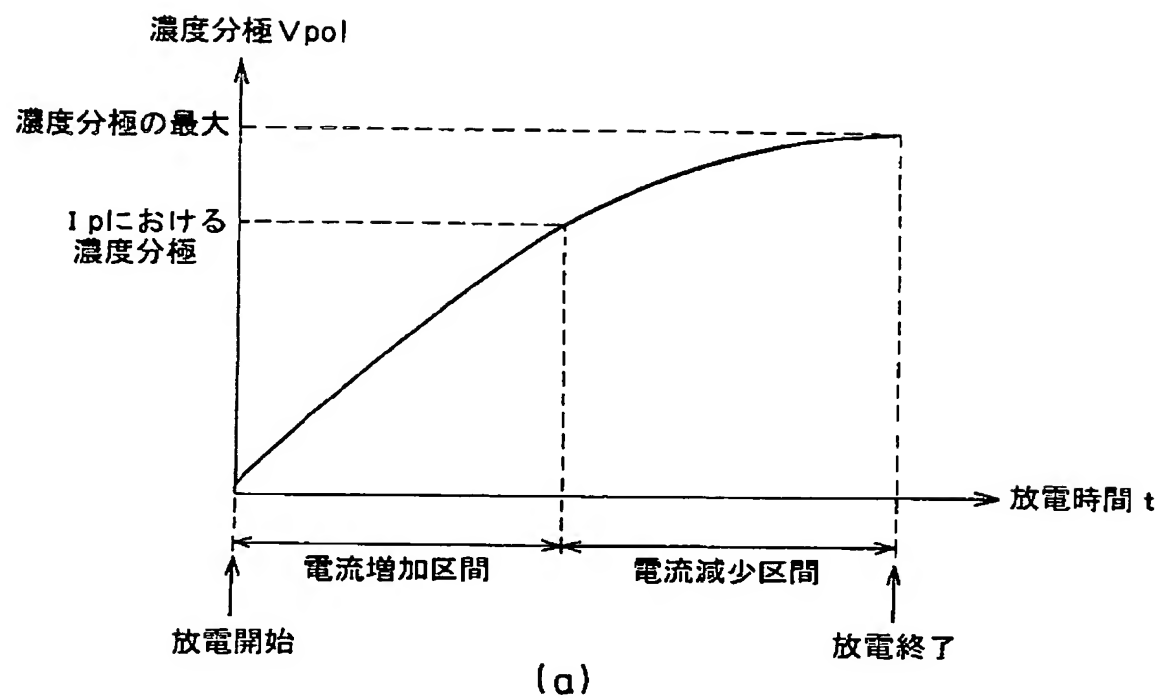
[図4]



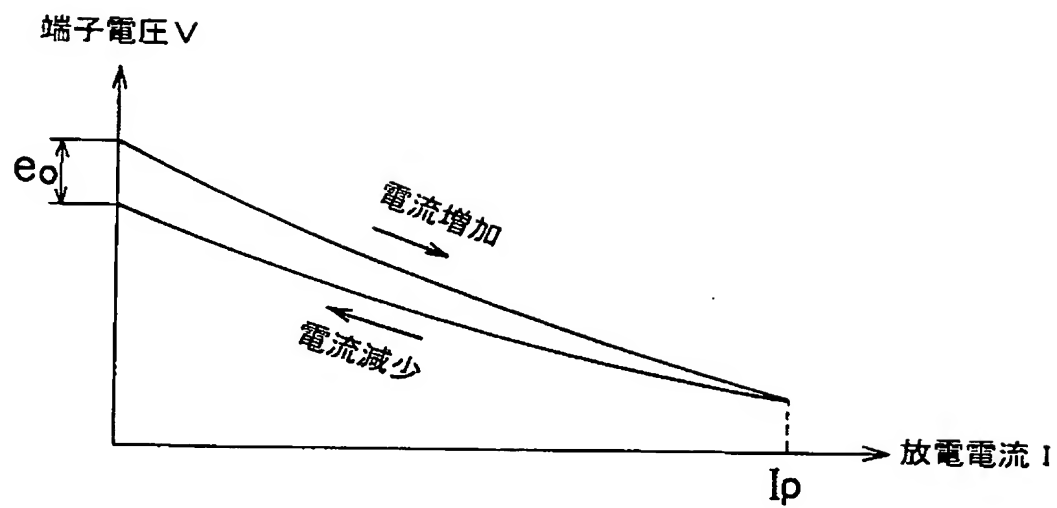
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/000679

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int . Cl⁷ G01R31/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int . Cl⁷ G01R31/36Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-177163 A (Yazaki Corp.) , 27 June, 2003 (27.06.03) , Full text; all drawings & US 6677729 B2	1-5
A	JP 2003-177164 A (Yazaki Corp.) , 27 June, 2003 (27.06.03) , Full text; all drawings & US 6661202 B2 & DE 10235008 A1	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
06 April, 2005 (06.04.05)Date of mailing of the international search report
19 April, 2005 (19.04.05)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ G01R 31/36

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ G01R 31/36

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2003-177163 A (矢崎総業株式会社) 2003.06.27, 全文, 全図 & US 6677729 B2	1-5
A	JP 2003-177164 A (矢崎総業株式会社) 2003.06.27, 全文, 全図 & US 6661202 B2 & DE 10235008 A1	1-5

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

06.04.2005

国際調査報告の発送日

19.4.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

武田 知晋

2S

9805

電話番号 03-3581-1101 内線 3258